



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월31일  
(11) 등록번호 10-1894127  
(24) 등록일자 2018년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/66 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 22/30 (2013.01)  
H01L 21/0274 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0048898  
(22) 출원일자 2015년04월07일  
심사청구일자 2016년04월07일  
(65) 공개번호 10-2015-0118900  
(43) 공개일자 2015년10월23일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2014-083454 2014년04월15일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20070035266 A1\*  
US20050267609 A1\*  
WO2010110990 A2  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
캐논 가부시끼가이샤  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고  
(72) 발명자  
요시다 고오지  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고  
캐논 가부시끼가이샤 내  
(74) 대리인  
장수길, 서준혁, 이중희

전체 청구항 수 : 총 12 항

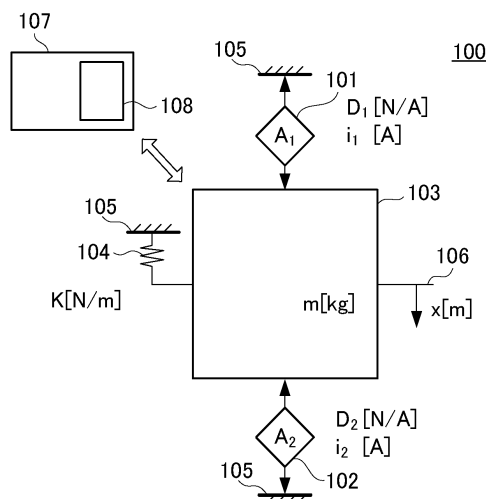
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 구동 장치, 리소그래피 장치 및 물품 제조 방법

(57) 요약

구동 장치는 가동부, 가동부의 위치를 계측하는 계측 디바이스, 가동부에 대해 공통 작용 축을 갖는, 두 개의 추력을 각각 생성하는 두 개의 액추에이터, 및 계측 디바이스의 출력에 기초하여 두 개의 액추에이터에 의해 위치를 제어하는 제어부를 포함하고, 제어부는, 하나의 액추에이터가 추력을 생성하고 다른 하나의 액추에이터가 위치를 제어하는 경우 두 개의 액추에이터에 대한 추력 명령 및 계측 디바이스의 출력에 기초하여 추정된 외란력과, 하나의 액추에이터에 대한 추력 명령 사이의 관계에 기초하여, 두 개의 액추에이터 중 하나의 액추에이터의 추력 상수, 두 개의 액추에이터 중 다른 하나의 액추에이터의 추력 상수 및 작용 축에 대해 가동부를 지지하는 부재의 강성 중 적어도 하나의 정보를 획득한다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

구동 장치로서,

가동부,

상기 가동부의 위치를 계측하도록 구성된 계측 디바이스,

상기 가동부에 대해 제1 추력을 생성하도록 구성된 제1 액추에이터,

상기 가동부에 대해 상기 제1 추력과 공통 작용 축을 갖는 제2 추력을 생성하도록 구성된 제2 액추에이터, 및

상기 계측 디바이스의 출력에 기초하여 상기 제1 액추에이터 및 상기 제2 액추에이터에 의해 상기 위치를 제어하도록 구성된 제어부를 포함하고,

상기 제어부는, 상기 제2 액추에이터가 상기 제2 추력을 생성하게 되고 상기 제1 액추에이터가 상기 위치를 제어하게 되는 경우에, 상기 제1 추력 및 상기 제2 추력 외에 상기 가동부에 인가되는 외란력을 나타내는 식의 계수가 미리 결정된 값과 달라졌는지 여부를 결정하고, 상기 경우에 결정된 결과에 기초하여 상기 제1 액추에이터의 제1 추력 상수, 상기 제2 액추에이터의 제2 추력 상수, 및 상기 작용 축에 대해 상기 가동부를 지지하는 부재의 강성 중 적어도 하나의 정보를 획득하도록 구성되고,

상기 식은, 상기 제2 액추에이터가 상기 제2 추력을 생성하게 되는 경우에, 상기 제2 액추에이터에 전달되는 제2 추력 명령을 나타내는 값에 관한 일차식(linear expression)이고,

상기 계수는 상기 일차식에서의 1차 계수 및 0차 계수를 포함하며,

상기 미리 결정된 값은 상기 1차 계수의 기준이 되는 제1 기준값 및 상기 0차 계수의 기준이 되는 제2 기준값을 포함하는, 구동 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 식은 상기 가동부의 정적 특성을 나타내는 항을 포함하는, 구동 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제어부가 상기 1차 계수가 상기 제1 기준값과 달라졌고 상기 0차 계수가 상기 제2 기준값과 달라지지 않았다고 결정한 경우에, 상기 제2 추력 상수에서의 변화량을 획득하도록 구성되는, 구동 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제어부가 상기 1차 계수가 상기 제1 기준값과 달라지지 않았고 상기 0차 계수가 상기 제2 기준값과 달라졌다고 결정한 경우에, 상기 강성에서의 변화량을 획득하도록 구성되는, 구동 장치.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제어부가 상기 1차 계수가 상기 제1 기준값과 달라졌고 상기 0차 계수가 상기 제2 기준값과 달라졌다고 결정한 경우에, 상기 제1 추력 상수에서의 변화량을 획득하도록 구성되는, 구동 장치.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제어부는 상기 정보의 출력을 실행하도록 구성되는, 구동 장치.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제어부는 서로 상이한 값인 복수의 정적 명령을 순차적으로 제공하여 상기 제2 액추에이터가 상기 제2 추력을 생성하도록 구성되는, 구동 장치.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제1 액추에이터가 상기 제1 추력을 생성하게 되고 상기 제2 액추에이터가 상기 위치를 제어하게 되는 다른 경우에, 상기 계수가 상기 미리 결정된 값과 달라졌는지 여부를 결정하고, 상기 다른 경우에 결정된 결과에 기초하여 상기 제1 추력 상수, 상기 제2 추력 상수, 및 강성 중 적어도 하나의 정보를 획득하도록 구성되는, 구동 장치.

#### 청구항 9

기판의 패턴 형성을 실행하도록 구성된 리소그래피 장치로서,

제1항에 따른 구동 장치를 포함하는, 리소그래피 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 상기 기판을 보유 지지하도록 구성된 홀더를 상기 가동부로서 포함하는, 리소그래피 장치.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 광, 하전 입자, 및 주형 중 적어도 하나를 사용하여 상기 패턴 형성을 실행하도록 구성되는, 리소그래피 장치.

#### 청구항 12

물품 제조 방법으로서,

리소그래피 장치를 사용하여 기판의 패턴 형성을 실행하는 단계, 및

상기 패턴 형성이 실행된 상기 기판을 가공하여 상기 물품을 제조하는 단계를 포함하고,

상기 리소그래피 장치는 상기 기판의 패턴 형성을 실행하도록 구성되고, 구동 장치를 포함하고, 상기 구동 장치는,

가동부,

상기 가동부의 위치를 계측하도록 구성된 계측 디바이스,

상기 가동부에 대해 제1 추력을 생성하도록 구성된 제1 액추에이터,

상기 가동부에 대해 상기 제1 추력과 공통 작용 축을 갖는 제2 추력을 생성하도록 구성된 제2 액추에이터, 및

상기 계측 디바이스의 출력에 기초하여 상기 제1 액추에이터 및 상기 제2 액추에이터에 의해 상기 위치를 제어하도록 구성된 제어부를 포함하고,

상기 제어부는, 상기 제2 액추에이터가 상기 제2 추력을 생성하게 되고 상기 제1 액추에이터가 상기 위치를 제어하게 되는 경우에, 상기 제1 추력 및 상기 제2 추력 외에 상기 가동부에 인가되는 외란력을 나타내는 식의 계수가 미리 결정된 값과 달라졌는지 여부를 결정하고, 상기 경우에 결정된 결과에 기초하여 상기 제1 액추에이터

의 제1 추력 상수, 상기 제2 액추에이터의 제2 추력 상수, 및 상기 작용 축에 대해 상기 가동부를 지지하는 부재의 강성 중 적어도 하나의 정보를 획득하도록 구성되고,

상기 식은, 상기 제2 액추에이터가 상기 제2 추력을 생성하게 되는 경우에, 상기 제2 액추에이터에 전달되는 제2 추력 명령을 나타내는 값에 관한 일차식이고,

상기 계수는 상기 일차식에서의 1차 계수 및 0차 계수를 포함하며,

상기 미리 결정된 값은 상기 1차 계수의 기준이 되는 제1 기준값 및 상기 0차 계수의 기준이 되는 제2 기준값을 포함하는, 물품 제조 방법.

### 청구항 13

삭제

### 청구항 14

삭제

### 청구항 15

삭제

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 발명은 구동 장치, 리소그래피 장치 및 물품의 제조 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 위치가 제어된 상태에서 구동하는 가동부를 구비한 로봇, 운수 기계 및 산업 기계 등이 공지된다. 이러한 구동 장치의 위치 결정 기구가 고장나면, 구동 장치는 고장 개소의 특정 및 부품의 수리/교환 등의 복구 작업을 위해 긴 시간 정지되어야 하고, 처리량이 저하될 것이다. 또한, 복구 작업에 요구되는 구동 장치의 정지 시간을 단축하기 위해 구동 장치의 각 유닛에 자기-감시 또는 자기-진단을 위한 센서 등의 기구를 설치함으로써 성능을 유지 및 관리할 수 있다. 그러나, 자기-진단만을 위한 부품은 과잉 중복이고 따라서 비용이 증가한다. 따라서, 일본 특허 제4272750호는 구동 기구의 동적 특성에서의 경시적 변화를 식별하고, 성능을 유지하기 위해 자기-판단이 실행되는 장치를 개시한다. 또한, 일본 특허 공개 제2003-284388호는 복수의 액추에이터를 구비한 가동부를 포함하는 장치를 개시하고, 각 액추에이터의 추력 밸런스가 감시되고 이상 판정이 실행된다.

[0003] 그러나, 일본 특허 제4272750호에 개시된 장치는 전체 장치의 입출력 특성의 변화에만 주목하고, 장치 내부의 고장 원인을 특정할 수는 없다. 또한, 동적 특성을 식별할 때, 식별 정밀도를 향상시키기 위해서 높은 차수의 모델링이 요구되지만, 높은 차수의 성분은 기계 차이 또는 노이즈 등의 영향을 받고, 따라서, 높은 정밀도로 데이터를 획득할 수 없다. 또한, 일본 특허 공개 제2003-284388호에 개시된 장치는 구동 기구에 이상이 있는지의 여부만 검출하고, 고장 개소의 특정 및 고장 상태의 정량적 취득을 실행할 수 없다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 자기-진단의 관점에서 유리한 구동 장치를 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 본 발명에 따른 구동 장치는 가동부, 가동부의 위치를 계측하도록 구성된 계측 디바이스, 가동부에 대해 공통 작용 축을 갖는, 두 개의 추력을 각각 생성하도록 구성된 두 개의 액추에이터, 및 계측 디바이스의 출력에 기초하여 두 개의 액추에이터에 의해 위치를 제어하도록 구성된 제어부를 포함하고, 제어부는, 두 개의 액추에이터 중 하나의 액추에이터가 추력을 생성하고 두 개의 액추에이터 중 다른 하나의 액추에이터가 위치를 제어하게 되는 경우 두 개의 액추에이터에 대한 추력 명령 및 계측 디바이스의 출력에 기초하여 추정된 외란력과, 두 개의

액추에이터 중 하나의 액추에이터에 대한 추력 명령 사이의 관계에 기초하여, 두 개의 액추에이터 중 하나의 액추에이터의 추력 상수, 두 개의 액추에이터 중 다른 하나의 액추에이터의 추력 상수 및 작용 축에 대해 가동부를 지지하는 부재의 강성 중 하나 이상에 관한 정보를 획득한다.

[0006] 본 발명의 추가 특징은 첨부 도면을 참조하여 이후의 예시적 실시예의 설명으로부터 명백해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 발명에 실시예에 따른 구동 장치의 구성을 도시한 도면.

도 2는 구동 장치의 추정 외란 산출 처리의 기능 블록도.

도 3은 구동 장치의 고장 진단 처리의 기능 블록도.

도 4는 구동 장치의 진단 신호 패턴의 예를 도시하는 그래프.

도 5a 내지 도 5d는 구동 장치의 외란 옵저버 출력 특성을 나타내는 그래프.

도 6은 구동 장치의 위치 제어의 흐름을 도시하는 흐름도.

도 7은 본 발명의 구동 장치를 적용할 수 있는 리소그래피 장치의 구성을 도시하는 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 이제 설명할 것이다.

[0009] 먼저, 본 발명에 따른 구동 장치의 구성을 설명할 것이다. 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 구동 장치(100)의 구성을 도시하는 개략도이다. 구동 장치(100)는 로봇, 운송 기계 및 산업 기계 등과 같은 다양한 기구에서, 복수의 액추에이터에 의해 가동부를 구동시키는 장치이다. 구동 장치(100)는 가동부(103), 두 개의 액추에이터(101 및 102), 탄성체(104) 및 위치 센서(106)를 동일한 자유도 내에 포함한다.

[0010] 가동부(103)는 지지 구조체(105)에 의해 지지되는 부재이며 그 위치는 제어된 상태로 이동할 수 있다. 2개의 액추에이터(101 및 102)는 공통 작용 축을 사용하여 가동부(103)와 지지 구조체(105)과의 사이에 설치되며 인가된 전류에 응답하여 가동부(103)를 구동시키는 두 개의 추력을 각각 발생시키는 구동 기구이다. 이러한 방식으로, 1개의 가동부(103)에 대해 2개의 액추에이터(101 및 102)를 별도로 배열함으로써, 액추에이터의 발열에 의한 액추에이터 주위의 열 손상이 경감될 수 있고, 응력의 분산에 의한 가동부(103) 및 지지 구조체(105)의 변형이 억제될 수 있다. 본 발명은 1개의 가동부에 대해 2개의 액추에이터가 배열되는 구성을 채용하였으나, 본 발명은 이러한 구성에 한정되지 않고, 가동부(103)의 가동 방향과 동일한 방향의 작용 축을 갖는 한 3개 이상의 액추에이터가 배열될 수 있다. 탄성체(104)는 예를 들어 코일 스프링이고, 가동부(103)와 지지 구조체(105)의 사이에 위치되어, 가동부(103)의 진동 등을 억제하고 지지한다. 도 1에서, 탄성체(104)는 가동부(103)의 가동 방향과 동일한 자유도를 갖는 방향에서 탄성 성분의 합계이다. 본 발명은 1개의 가동부(103)에 대해 1개의 탄성체(104)를 갖는 구성을 채용하였으나, 본 발명은 이러한 구성에 한정되지 않고, 복수의 탄성체(104)를 갖는 구성을 허용한다. 위치 센서(106)는 가동부(103)와 지지 구조체(105)의 상대 위치를 측정하는 측정 디바이스이다. 위치 센서(106)에 의해 측정된 상대 위치(위치 센서(106)의 출력)를 위치 정보로 해서 제어부(107)에 송신하고, 제어부(107)는 위치 정보에 기초하여 액추에이터(101 및 102)를 구동시키고 가동부(103)의 위치를 제어한다.

[0011] 제어부(107)는 예를 들어 전기 회로 또는 소프트웨어 등에 의해 구성되고, 구동 장치(100)의 각 유닛의 동작, 조정 등을 제어할 수 있다. 제어부(107)는 외란 옵저버(108) 및 도시되지 않은 기억 장치를 갖고, 구동 장치(100)의 각 유닛에 회선을 개재해서 접속되며, 프로그램 등에 따라 각 유닛의 제어를 실행할 수 있다. 본 발명의 제어부(107)는 외란 옵저버(108)를 사용하여 추정 외란 산출 처리 및 자가 진단 처리(고장 진단 처리 또는 결함 진단 처리)를 포함하는 위치 제어를 적어도 실행한다. 외란 옵저버(108)는 제어부(107)의 위치 제어 시스템에 통합되며 제어 성능을 향상시키도록 의도된 기구이며, 각 유닛의 파라미터 및 입출력 특성에 기초하여 가동부(103)가 수신할 것으로 예측되는 외란력(추정 외란( $d_o$ ))을 산출한다. 제어부(107)는 외란 옵저버(108)에 의해 산출된 추정 외란( $d_o$ )을 기억 장치에 저장된 미리 정해진 임계값(기준값)과 비교한다. 제어부(107)는 구동 장치(100)의 다른 부분과 일체로 (공통 하우징에) 구성되고, 또한 구동 장치(100)의 다른 부분으로부터 별개로 (다른 하우징에) 구성될 수 있다.

[0012] 이어서, 본 실시예에 따른 구동 장치의 추정 외란 산출 처리에 대해서 설명할 것이다. 본 명세서에서, 추정 외란 산출 처리는 가동부(103)의 위치 제어에서의 처리이며, 가동부(103)에서 발생한 외력을 추정하고, 추정 외란( $d_o$ )을 연속하여 감시함으로써 장치의 파라미터의 변화를 감시한다. 도 2는 추정 외란 산출 처리의 기능 블록도이다. 먼저, 제어부(107)는 가동부(103)의 목표 위치( $x_{ref}$ )와 위치 센서(106)에 의해 얻은 가동부(103)의 위치 신호( $x$ ) 사이의 차이 및 보상기(C)의 연산에 기초하여 액추에이터(101 및 102)에 대한 추력 명령값( $i_{ref}$ )을 산출한다. 추력 명령값( $i_{ref}$ )은 액추에이터(101 및 102)가 출력해야 하는 추력을 지시하는 추력 명령의 값이고, 이 값은 구동 회로( $K_D$ )를 거쳐 각각 액추에이터(101 및 102)에 인가되는 전류( $i_1$  및  $i_2$ )로 변환된다. 액추에이터(101 및 102)는 각각 전류( $i_1$  및  $i_2$ )를, 액추에이터(101 및 102)에 포함된 추력 상수( $D_1$  및  $D_2$ )를 사용하여 액추에이터의 추력( $f_1$  및  $f_2$ )으로 변환한다. 이러한 방식으로, 가동부(103)는 액추에이터(101 및 102)에서 발생하는 추력( $f_1$  및  $f_2$ )의 합력에 의해 구동된다. 여기서, 액추에이터에 의한 제어력에 추가로, 예를 들어 지지 구조체(105)의 진동에 의해 전기 케이블 또는 탄성체(104)를 통해 가동부(103)로 전달되는 힘에 의해 발생된 외란력( $d$ )이 또한 가동부(103)에 인가된다. 액추에이터(101 및 102)의 추력에 추가로 외란력( $d$ )이 가동부(103)에 인가되면, 가동부(103)의 위치 제어 정밀도가 저하될 수 있다.

[0013] 따라서, 가동부(103)의 위치 제어에서는 외란 옵저버를 위치 제어 시스템에 통합하여 제어 성능을 향상하는 방법이 공지되었다. 도 2에 도시된 외란 옵저버(108)의 블록은 가동부(103)에 인가되는 외란력을 추정하는 연산 부분을 나타낸다. 추정 외란( $d_o$ )은 이하의 식(1)을 사용하여 산출할 수 있다.

[0014] [식 1]

$$d_o = \ddot{x}m + xK - i_{ref} \cdot K_D - D_1 - i_{ref} \cdot K_D \cdot D_2 \quad (1)$$

[0015] 식에서, 우변 제1항 및 제2항은 수식화된 제어 대상을 나타내고, 우변 제3항 및 제4항은 제어력을 나타낸다.

[0016] 실제 장치에서, 추정 외란( $d_o$ )에 포함되는 성분은 대체로 3개의 유형으로 분류될 수 있다. 제1 성분은 상술한 가동부(103)에 인가되는 외란력( $d$ )이다. 제2 성분은 식 1에서 사용된 파라미터와 실제 파라미터 사이의 차이이다. 장치 내의 유닛의 파라미터 변화량도 추정 외란( $d_o$ )의 일부이다. 제3 성분은 식 1에 포함되지 않는 비-모델화된 성분이다. 실제 장치에서, 외란력( $d$ )은 식 1에서 수식화한 성분에 추가로, 센서 응답 및 드라이버 응답의 전기적 동적 특성, 구조체의 높은 차수 모드, 점성 및 마찰 등과 같은 비선형 성분 등에 의해 복잡하게 구성된다. 식 1에 포함되지 않은 이러한 비-모델화된 성분도 추정 외란( $d_o$ )의 일부로서 산출된다.

[0017] 추정 외란( $d_o$ )의 정적 특성에만 주목함으로써, 식 1은 식 2로 변환될 수 있다.

[0018] [식 2]

$$d_o = xK - i_{ref} \cdot K_D \cdot (D_1 + D_2) \quad (2)$$

[0019] 정적 특성만에 주목함으로써, 동적 특성의 항이 삭제될 수 있고, 실제로는 추정 외란( $d_o$ )에 포함된 제3 성분이 작게 되고, 따라서 제3 성분을 고려하지 않고 추정 외란( $d_o$ )의 산출 정밀도가 향상될 수 있다. 식 2에서, 제1 성분인 외란력( $d$ )이 작거나 외란력( $d$ )이 이미 알려진 경우에 대해서 고려하면, 추정 외란( $d_o$ )은 제2 성분에 대응하는 장치 내의 유닛의 파라미터 변화량을 사용하여 주성분으로서 산출되는 점이 이해될 것이다. 상술한 바와 같이, 추정 외란( $d_o$ )의 변화로부터 장치 내의 유닛의 파라미터 변화량을 추출할 수 있다.

[0020] 구동 장치(100)에서, 가동부(103)는 액추에이터(101 및 102)에 의해 그 위치( $x$ )에 대해 제어된 상태로 구동되고, 외란 옵저버(108)를 사용해서 추정 외란( $d_o$ )이 항상 감시된다. 추정 외란( $d_o$ )의 변화량이 미리 정해진 임계값(기준)을 초과하는 경우, 소정의 이상이 발생한 것으로 판단된다. 그러나, 이 시점에서는 어느 한 쪽의 파라미터에 변화가 발생한 것만 검지되고, 장치 내의 어느 유닛의 파라미터가 변화되었는지를 특정할 수 없다. 따라서, 추정 외란( $d_o$ )의 변화량이 미리 정해진 임계값을 초과한 경우, 고장 진단을 위한 처리가 개시된다. 고장 진단 처리의 세부 사항을 이하에서 설명한다.

[0023] 여기서, 이러한 고장진단 처리에 대해서 설명할 것이다. 본 명세서에서, 고장 진단 처리는 추정 외란( $d_o$ )의 변화에 영향을 준 유닛을 장치 내의 유닛으로부터 특정하는 처리이다. 도 3은 고장 진단 처리의 제어 블록도이다. 도 3에서, 도 2와 동일한 구성은 동일한 참조 번호에 의해 표시되고, 설명이 생략된다. 상술한 바와 같이, 추정 외란 산출 처리에서, 추정 외란( $d_o$ )의 값이 미리 정해진 임계값을 초과하는 경우, 제어부(107)는 구동 장치(100)의 위치 제어를 고장 진단 처리로 이행한다. 도 3에 도시한 바와 같이, 고장 진단 처리에서, 2개의 액추에이터(101 및 102)에 의한 위치 제어 시스템이 정지되고, 액추에이터(101)만 사용하여 가동부(103)의 위치를 제어한다. 액추에이터(101)에 의해 가동부(103)의 위치가 제어되고 있는 상태에서, 고장을 진단하기 위한 진단 신호(205)를 액추에이터(102)로 입력한다. 진단 신호(205)는 구동 회로( $K_p$ )에 의해, 진단 전류( $i_p$ )로 변환된다.

[0024] 여기서, 고장진단 처리에 사용된 진단 신호(205)는 정적인 신호를 포함하고 적어도 2개의 다른 동작 점을 갖는 신호이다. 본 발명에서, 일례로서, 도 4에 도시한 바와 같이 시간에서 계단식으로 변하는 진단 전류( $i_p$ )를 생성하는 신호를 진단 신호(205)로서 사용한다. 그러나, 본 발명은 이러한 구성에 한정되지 않고, 정적인 신호를 포함하고 적어도 2 이상의 다른 동작 점을 갖는 신호를 적용할 수 있다.

[0025] 도 3에 도시된 고장진단 처리에서, 정적 특성에만 주목했을 때의 추정 외란( $d_o$ )은 식 3을 사용하여 산출할 수 있다.

[0026] [식 3]

$$d_o = xK - i_1 D_1 - i_p D_2 \quad (3)$$

[0027]

[0028] K: 탄성체(104)의 지지 강성[N/m]

[0029]  $D_1$ : 액추에이터(101)의 추력 상수 [N/A]

[0030]  $D_2$ : 액추에이터(102)의 추력 상수 [N/A]

[0031]  $d_o$ : 추정 외란 [N]

[0032]  $i_1$ : 액추에이터(101)에 흐르는 전류 [A]

[0033]  $i_p$ : 액추에이터(102)에 흐르는 진단 전류 [A]

[0034] 여기서, 식 3의 우변 제1항은 시스템에 인가된 힘을 나타내고, 우변 제2항 및 제3항은 액추에이터(101 및 102)가 가동부(103)에 인가한 추력을 나타낸다. 제1항과, 제2항 및 제3항 사이의 차이를 산출함으로써, 외란력을 추정할 수 있다.

[0035] 또한, 식 3에서, 외란력( $d$ ), 파라미터 변화량 및 진단 전류( $i_p$ )가 모두 제로이고 액추에이터(101)에 의해 가동부(103)의 위치가 변화하지 않는다고 가정하면, 식 3의 우변 제1항은 우변 제2항에 일치하고, 추정 외란( $d_o$ )은 제로가 된다.

[0036] 다음으로, 일정한 진단 전류( $i_p$ )를 부여한 경우의 추정 외란( $d_o$ )은 식(4)으로 나타낼 수 있다.

[0037] [식 4]

$$d_o = xK - i_{1\_const} D_1 + i_{1\_p} D_1 - i_p D_2 \quad (4)$$

[0038]

[0039] 여기서, 식 4의 우변 제4항은 진단 전류( $i_p$ )에 의해 액추에이터(102)로부터 발생한 추력을 나타내고, 제2항은 액추에이터(101)에 의해 발생한 가동부(103)의 위치를 제어하는 전류를 나타낸다. 제3항은 액추에이터(102)의 추력을 상쇄하기 위한 전류를 나타낸다. 식에서,  $i_{1\_const}$ 는 진단 전류( $i_p$ )가 제로일 때 액추에이터(101)에 인가되는 전류값을 의미한다. 여기서, 액추에이터(101)에 의해 가동부(103)의 위치가 일정하게 유지된다고 하면, 가동부의 위치( $x$ )는 변화하지 않는다. 따라서, 식 4의 우변 제1항 및 제2항은 일정 값인 것을 이해할 것이다.



[0040] 따라서, 식 4는 진단 전류( $i_p$ )에 의존해서 변화하는 성분 및, 진단 전류( $i_p$ )에 관계없이 일정한 성분으로 구분될 수 있고, 식 4는 식 5와 같은 1차식에 의해 치환할 수 있다.

[0041] [식 5]

$$d_o = F(D_1, D_2) i_p + C(K, D_1) \quad (5)$$

[0042] 진단 전류( $i_p$ )에 의존하는 성분은 1차 계수로서 추력 상수( $D_1$  및  $D_2$ )의 파라미터를 갖는 기울기(F)에 대응하고, 일정 값을 갖는 성분은 0차 계수로서 지지 강성(강성)(K) 및 추력 상수( $D_1$ )의 파라미터를 갖는 하의 절편(C)이 된다. 본 발명은 식 5에 기초하여, 지지 강성(K), 추력 상수( $D_1$  및  $D_2$ )의 파라미터 변화를 개별적으로 검출하고, 구동 장치(100) 내의 유닛 파라미터 변화에 관한 정보를 취득한다.

[0044] 이어서, 식 5에 기초하여 파라미터 변화의 검출 방법을 설명할 것이다. 먼저, 일정한 진단 전류( $i_{p1}$ )를 액추에이터(102)에 인가하고, 이때의 추정 외란( $d_{o1}$ )을 기록한다. 이어서, 진단 전류( $i_{p1}$ )와 다른 진단 전류( $i_{p2}$ )를 액추에이터(102)에 인가하고, 마찬가지로 추정 외란( $d_{o2}$ )을 기록한다. 진단 신호( $i_{p1}$  및  $i_{p2}$ ) 및 추정 외란( $d_{o1}$  및  $d_{o2}$ )을 사용하여 선형 근사 계산을 실행함으로써 진단 전류( $i_p$ )와 추정 외란( $d_o$ )의 선형 특성을 얻는다. 도 5a는 외란 옵저버(108)의 출력 특성의 일례로서, 진단 전류( $i_p$ )와 추정 외란( $d_o$ )의 선형 특성을 나타내는 그래프이다. 탄성체(104)의 지지 강성(K) 및 각 액추에이터(101 및 102)의 추력 상수( $D_1$  및  $D_2$ ) 중 어느 하나의 변화는 식 5에서의 기울기(F), 또는 절편(C)의 변화로부터 관측할 수 있다.

[0045] 예를 들어, 도 5b에 도시된 바와 같이 기울기(F)가 기울기(F')로 변하고, 절편(C)은 변화하지 않는 경우, 액추에이터(102)의 추력 상수( $D_2$ )가 변화된 것으로 이해된다. 절편(C)에 변화가 없다는 것은 지지 강성(K) 및 추력 상수( $D_1$ )에 변화가 없는 것을 나타내고, 기울기(F)의 변화는 액추에이터(102)의 추력 상수( $D_2$ )의 변화에 의한 것으로 판단할 수 있다. 이 경우,  $D_2$ 의 변화량은 F의 변화량과 동등하고,  $F-F'$ 에 의해 산출될 수 있다.

[0046] 도 5c에 도시된 바와 같이, 기울기(F)가 변화하지 않고 절편(C)만 변화하는 경우, 지지 강성(K)이 변화된 것으로 이해된다. 기울기(F)에 변화가 없다는 것은 추력 상수( $D_1$  및  $D_2$ )에 변화가 없는 것을 나타내고 있어, 절편(C)의 변화는 지지 강성(K)의 변화에 의한 것으로 판단할 수 있다. 이 경우, 지지 강성(K)의 변화량은 절편(C)의 변화량을 가동부(103)의 위치(x)로 나눈 값과 동등하고,  $(C-C')/x$ 에 의해 산출될 수 있다. 여기서, 가동부(103)가 제로 위치를 제외한 위치(x)에 위치된 상태에서 고장 진단을 실행해야 한다. 또한, 파라미터 변화량의 계산 정밀도를 향상하기 위해, 최대한 큰 절대값을 갖고 지지 강성(K)이 가능한 큰 위치(x)에서 고장 진단을 실행하는 것이 바람직하다. 또한, 지지 강성(K)의 변화량을 결정할 때 사용되는 위치(x)는 지지 강성(K)이 제로가 되는 위치를 기준으로 한 상대 위치이다. 따라서, 사전에, 지지 강성(K)이 제로가 되는 위치를 산출해야 한다. 이를 위해, 액추에이터의 출력을 차단하고 가동부(103)의 위치(x)가 안정된 상태에서, 위치 센서(106)에 의한 계측 결과의 출력을 기록할 수 있다.

[0047] 또한, 도 5d와 같이, 기울기(F) 및 절편(C) 모두 변화가 발생한 경우, 액추에이터(101)의 추력 상수( $D_1$ )가 변화된 것으로 이해된다. 추력 상수( $D_1$ )만이 기울기(F) 및 절편(C)에 공통인 파라미터이기 때문에, 추력 상수( $D_1$ )의 변화가 발생했다고 판단할 수 있다. 추력 상수( $D_1$ )의 변화량은  $(F-F')$  또는  $(C-C')/i_{1\_const}$  중 어느 하나에 의해 계산될 수 있다. 그러나, 기울기(F) 및 절편(C) 모두 변화한 경우에 대해서는, 추력 상수( $D_1$ )만의 변화 이외에, 추력 상수( $D_2$ )와 지지 강성(K)의 조합과 같은 복수의 파라미터가 동시에 변화했을 때 동일한 결과가 발생할 수 있고, 서로 구별할 수 없다. 이 경우, 위치 제어에 할당된 액추에이터와 진단 신호(205)를 입력하는 액추에이터를 교체하는 것에 의해, 추력 상수( $D_1$ )만의 변화인지, 기타 복수의 유닛의 파라미터의 변화인지를 판단할 수 있다.

[0048] 본 명세서에서, 구동 장치(100)는 파라미터 변화량을 산출하고, 따라서 통상 시와 비교하기 위한 기준으로서 정상 상태의 추정 외란( $d_o$ ), 기울기(F) 및 절편(C)을 기억 장치에 미리 기록할 필요가 있다. 여기서, 지지 강성(K)은 위치(x)에 의존하는 계수이기 때문에 기준값을 특정한 위치(x)에서 취득한 경우, 고장 진단 처리를 기준값을 취득했던 위치로서 동일 위치(x)에서 고장 진단 처리를 실행해야 한다. 또한, 기준값은 가동부의 위치



(x)에 대한 테이블이 될 수 있다.

[0049] 본 명세서에서, 구동 장치(100)는 진단 전류( $i_{p1}$  및  $i_{p2}$ )의 2점에 대한 추정 외란( $d_0$ )을 획득하도록 구성된다. 그러나, 본 발명은 이러한 구성에 한정되지 않고, 도 4에 도시된 각각의 제로 차수 간격( $t_1$  내지  $t_n$ )에 대한 진단 전류( $i_p$ ) 및 외란 옵저버 출력( $d_0$ )의 값을 획득하는 구성도 가능하다. 획득된 값은 평균화 연산 등의 필터 처리 후, 상술한 바와 같이, 진단 전류( $i_p$ )와 추력 상수( $d_0$ )에 관해서 선형 근사 계산을 실행하고, 기울기(F) 및 절편(C)을 산출한다. 따라서, 정밀도의 관점에서 획득된 값의 개수(n)는 많은 것이 바람직하다. 그러나, 값의 개수에 의존해서 고장 진단에 요구되는 시간이 길어지기 때문에, 양쪽의 관점을 고려하여 장치에서의 최적값을 설정할 수 있다. 여기서, 제로 차수 구간( $t_1$  내지  $t_n$ )으로부터의 데이터는, 장치의 동적 특성을 충분히 무시할 수 있는 영역으로부터 데이터를 획득하기 위해 진단 신호(205)가 하나의 계단부를 상승한 직후를 제외한 타이밍에서 획득되는 것이 바람직하다.

[0050] 구동 장치(100)에서, 2개의 액추에이터(101 및 102) 중 하나의 액추에이터는 추력을 생성하고, 2개의 액추에이터(101 및 102) 중 다른 하나의 액추에이터는 위치를 제어한다. 이 상태에서, 2개의 액추에이터(101 및 102)에 대한 추력 명령값( $i_{ref}$ )과 위치 센서(106)의 출력에 기초하여 가동부(103)에 대한 추정 외란( $d_0$ )을 산출한다. 산출한 추정 외란( $d_0$ )과 하나의 액추에이터에 대한 추력 명령값( $i_{ref}$ ) 사이의 관계에 기초하여, 작용 축에 대해 하나의 액추에이터의 추력 상수, 다른 하나의 액추에이터의 추력 상수 및 가동부(103)를 지지하는 탄성체(104)의 지지 강성(K) 중 적어도 하나에 관한 정보(변화량)를 획득할 수 있다. 본 발명의 구동 장치(100)는 이 정보에 기초하여, 경년 열화에 의해 추력 상수 또는 지지 강성의 값이 변화한, 즉 고장이 발생한 장치 내의 유닛을 특정할 수 있다. 또한, 복수 개소에서 고장이 발생하는 경우, 대체로 하나의 위치에서의 고장이 먼저 발생하고 종속적으로 복수 개소에서 2차 손상으로 확대한다. 본 발명의 구동 장치(100)는 상기 구성에 의해 장치 내의 유닛에서의 고장의 징후를 파악할 수 있고, 장치 내의 복수의 개소의 손상의 확대를 억제할 수 있다.

[0051] 또한, 본 발명의 구동 장치(100)는 정적 특성에 기초하여 파라미터 변화를 산출한다. 정적 특성에 주목함으로써, 구조적 강성 및 전기적 동적 특성에 추가로, 관성, 점성, 등의 동적 파라미터에 의한 영향을 저감하고, 액추에이터(101 및 102)의 추력 상수( $D_1$  및  $D_2$ ) 및 탄성체(104)의 지지 강성(K)의 변화를 결정할 수 있다. 또한, 본 발명의 구동 장치(100)에서, 정적 상태가 관찰되기 때문에, 데이터의 획득을 위해 필요한 고속 샘플링을 필요로 하지 않고, 평균화 연산 등의 필터 처리에 의해 획득된 데이터의 정밀도 향상이 달성될 수 있다.

[0052] 상술한 바에 기초하여, 구동 장치(100)의 제어부(107)에 의해 실행된 위치 제어의 전체 흐름을 설명할 것이다. 도 6은 구동 장치(100)의 추정 외란 산출 처리로부터 고장 진단 처리에 이르는 흐름도이다. 먼저, 가동부(103)의 위치는 액추에이터(101 및 102)에 의해 제어되고, 제어부(107)는 외란 옵저버(108)를 사용하여, 상술한 추정 외란 산출 처리를 실행하고, 추정 외란( $d_0$ )을 산출한다(스텝 S601). 제어부(107)는 산출된 추정 외란( $d_0$ )를 미리 기록 장치에 저장된 미리 정해진 임계값과 비교하고, 추정 외란( $d_0$ )의 값이 임계값을 초과하지 않는 것을 판단한다(스텝 S602). 추정 외란( $d_0$ )의 값이 임계값을 초과하지 않는 경우("아니오"), 처리는 추정 외란 산출 처리로 복귀한다. 추정 외란( $d_0$ )이 임계값을 초과한 경우("예"), 장치 내의 유닛 중 몇몇 유닛에 고장이 발생했다고 판단하고, 보다 상세한 고장 진단을 실행하기 위해서, 고장 진단 처리가 시작된다. 상술한 고장 진단 처리의 기능 블록에 따라, 각각이 정적인 명령으로서 다른 값을 갖는 순차적으로 제공된 복수의 진단 신호에 기초하여 도출된 식 5를 사용하여 기울기(F) 및 절편(C)을 산출하고, 선형 특성을 획득한다(스텝 S603). 획득한 기울기(F)(1차 계수) 및 절편(C)(제로 차 계수)을 기록 장치 내의 기준값과 비교하고, 탄성체(104)의 지지 강성(K) 및 액추에이터(101 및 102)의 추력 상수( $D_1$  및  $D_2$ ) 중에서, 비교에 의해 획득한 차이에 기초하여 파라미터를 판단한다(스텝 S604).

[0053] 구동 장치(100)는 변화한 파라미터에 관한 정보를 획득할 수 있기 때문에, 이 정보를 사용하여 장치 내의 유닛 중 고장을 특정할 수 있고, 고장 개소의 자기-진단을 실행할 수 있다.

[0054] 이어서, 이러한 진단 결과를 이용한 제어의 구체예에 대해서 설명할 것이다. 고장 진단 처리에 의해 변화가 있었던 파라미터를 특정하는 것이 가능한 경우, 고장 개소에 따라 최적의 대처를 행할 수 있다. 예를 들어, 액추에이터(101)의 추력 상수( $D_1$ )가 저하된 경우, 보상기(C)를 사용하여 변화량에 따라(보상기(C)의 특성을 변경함) 액추에이터(101)의 추력 명령값( $i_{ref}$ )을 상승시킴으로써 위치 루프 특성을 일정하게 유지할 수 있다. 또한, 액

추에이터(102)의 추력 상수( $D_2$ )가 변화한 경우에도, 그 변화량에 따라 보상기(C)를 사용하여 액추에이터(102)의 추력 명령값( $i_{ref}$ )을 변경시킴으로써 위치 루프 특성을 일정하게 유지할 수 있다. 또한, 각 파라미터의 변화량이 증가하여 유닛의 사양을 유지할 수 없게 되는 경우, 가동부(103)의 구동 범위 또는 액추에이터(101 및 102)의 전압이나 전류 등의 사용 범위를 한정함으로써, 장치의 수명을 연장시킬 수 있다.

[0055] 구동 장치(100)는 통상의 추정 외란 산출 처리에서 추정 외란( $d_0$ )이 임계값을 초과한 경우 고장 진단 처리를 개시하도록 구성할 수 있다. 그러나, 본 발명은 이러한 구성에 한정하지 않고, 정기적으로 고장 진단 처리를 실행하도록 구성할 수 있다. 이 경우, 구동 장치가 통합되는 장치의 처리량에 대한 영향을 저감하기 위해, 고장 진단 처리를 장치 시퀀스에 통합하는 것이 바람직하다. 정기적으로 고장 진단을 실행함으로써, 각 파라미터 변화의 경향을 획득할 수 있다. 예를 들어, 파라미터 변화의 경향 및 그 1차 근사를 사용한 미래값 예측에 의해 장치가 허용할 수 없는 변화량에 도달하는 시기를 예측할 수 있다. 또한, 고장 시기를 예측할 수 있으면, 고장으로 인해 유지 보수나 수리가 필요한 상황에서, 장치 운용에 따른 계획적인 대처가 가능하게 된다. 예측한 고장 시기는 장치 사용자에게 경고 메시지 등으로서 표시되고 상술한 파라미터 변화시의 대처를 예측한 고장 시기에 실행하는 구성도 가능하다.

[0056] (적용예)

[0057] 상술한 구동 장치는 로봇, 운수 기계 또는 장치, 산업 기계 또는 장치(공작, 가공, 계측 및 제조에 대한 기계를 포함) 등에서 유용하다. 여기서는 일례로서, 산업 기계로서 리소그래피 장치에 대한 적용예를 설명할 것이다. 리소그래피 장치는 기판에 패턴 형성을 실행하는 장치이며, 예를 들어 노광 장치, 묘화 장치, 임프린트 장치로 구현될 수 있다. 노광 장치는, 예를 들어 (극단) 자외광을 사용하여 기판(상의 레지스트)에 (잠상) 패턴을 형성한다. 또한, 묘화 장치는, 예를 들어 하전 입자 비임(전자 비임 등)을 사용하여 기판(상의 레지스트)에 (잠상) 패턴을 형성한다. 또한, 임프린트 장치는 기판 상의 임프린트 물질을 성형하고 기판 상에 패턴을 형성한다.

[0058] 도 7은 본 실시예에 따른 리소그래피 장치의 구성을 도시한 도면이다. 여기서는, 리소그래피 장치의 일례로서 전자 비임을 사용하는 묘화 장치를 설명할 것이다. 전자 비임 대신 이온 비임 또는 다른 하전 입자 비임이 사용될 수 있다. 리소그래피 장치(700)는 진공 챔버(705), 진공 챔버(705) 내에 수용된 전자 광학 시스템(703) 및 구동 장치(704)를 포함하고, 진공 중에서 전자선을 사용하여 기판(702) 상에 묘화를 실행한다. 참조 번호 "701"은 기판(702)을 보유 지지하는 스테이지(보유 지지 부재)이다. 구동 장치(704)는 전자 광학 시스템(703)에 대하여 기판(702)을 위치 결정하기 위해 보유 지지 부재(701)를 이동하도록 구성된다. 구동 장치(704)는 이전의 실시예에서 설명한 구동 장치일 수 있다.

[0059] (물품 제조 방법)

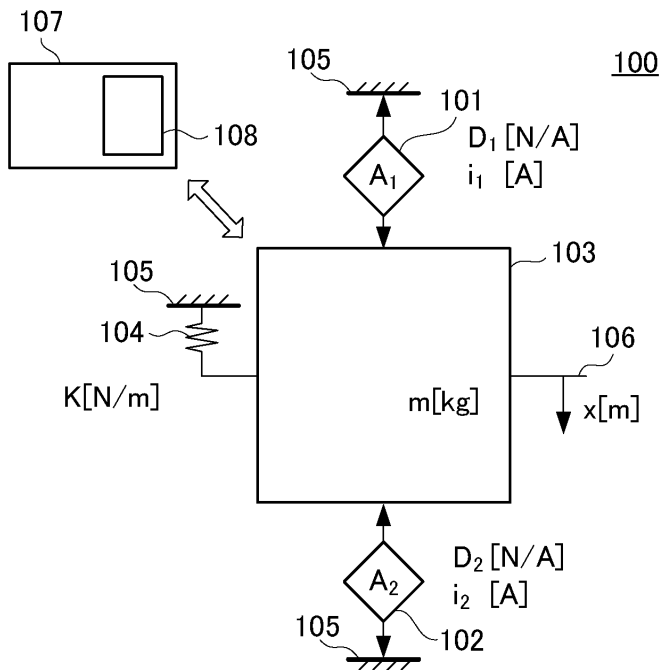
[0060] 본 발명의 일 실시예에 따른 물품 제조 방법은 마이크로 장치, 예를 들어 반도체 장치 등, 마이크로 구조를 갖는 요소 등, 또는 기타와 같은 물품을 제조하는 데 바람직하다. 물품 제조 방법은 상술한 리소그래피 장치를 사용하여 대상물(예를 들어, 감광성 재료가 피복된 기재)에 패턴(예를 들어 잠상 패턴)을 형성하는 단계; 및 이전 단계에서 잠상 패턴이 그 위에 형성된 대상물을 처리하는 단계(예컨대, 현상 단계)를 포함할 수 있다. 또한, 물품 제조 방법은 다른 공지된 단계(산화, 필름 형성, 증기 증착, 도핑, 플랫닝(flattening), 에칭, 레지스트 필링, 다이싱, 본딩, 패키징 등)를 포함할 수 있다. 본 실시예의 디바이스 제조 방법은 종래 디바이스 제조 방법에 비해, 디바이스의 성능, 품질, 생산성 및 생산 비용 중 적어도 하나의 이점을 갖는다.

[0061] 본 발명은 예시적 실시예를 참조하여 설명되었으나, 본 발명은 개시된 예시적 실시예로 한정되지 않는 점이 이해될 수 있다. 다음 청구항의 범위는 이러한 모든 수정예 및 등가적 구성예 및 기능예를 포함하도록 가장 넓은 해석이 허용되어야 한다.

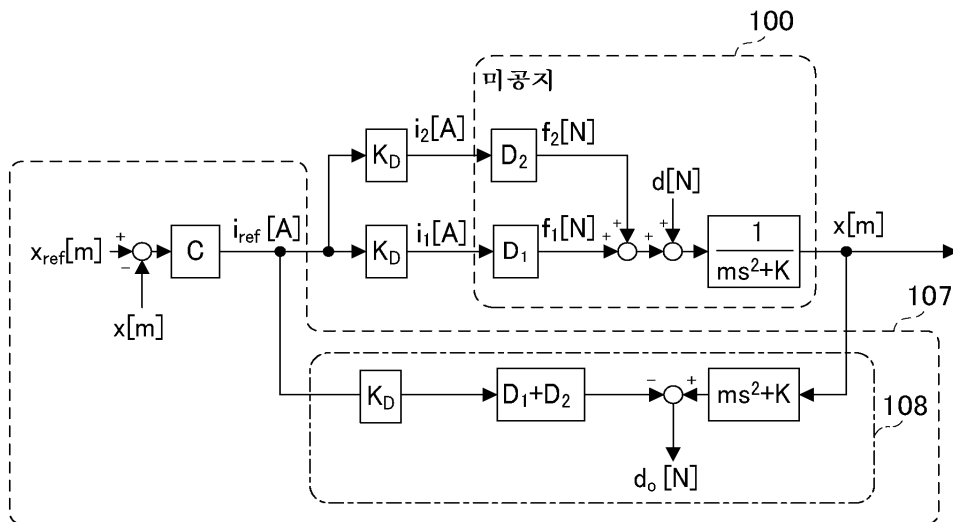
[0062] 본 발명은 그 내용이 본 명세서에 참조로 통합된, 2014년 4월 15일자로 출원된 일본 특허 출원 제2014-083454호의 우선권을 주장한다.

도면

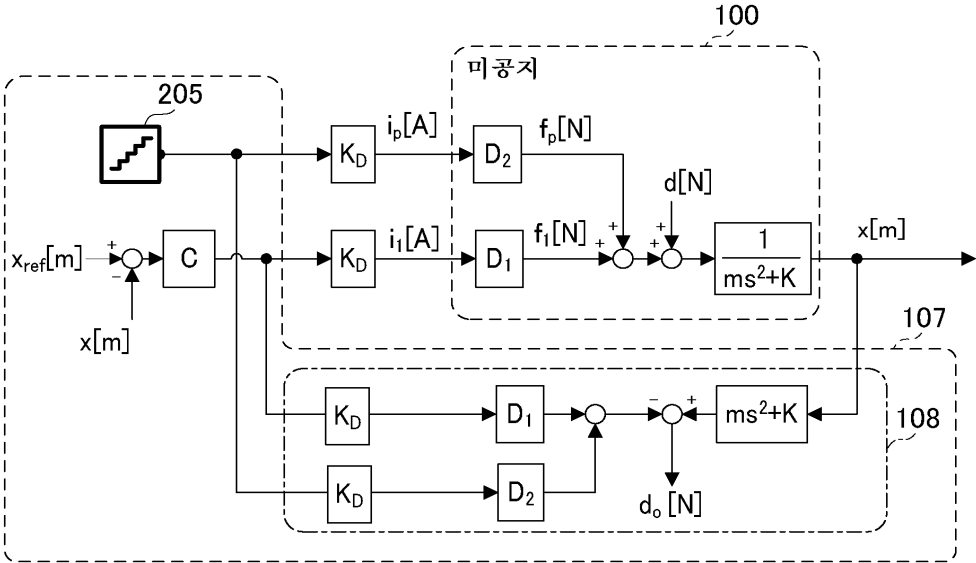
도면1



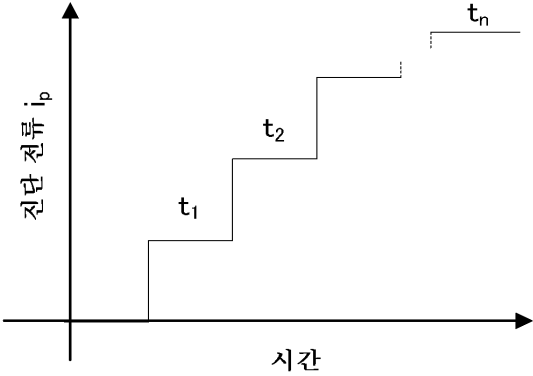
도면2



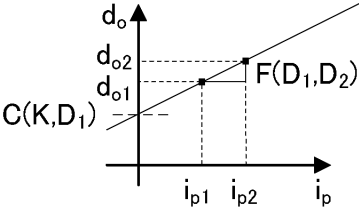
도면3



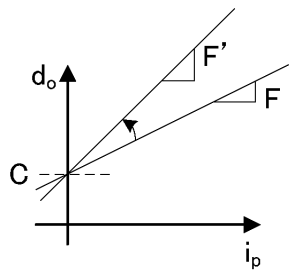
도면4



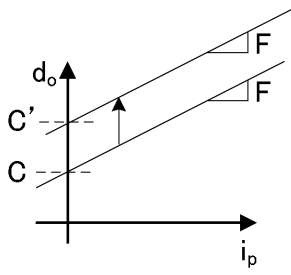
도면5a



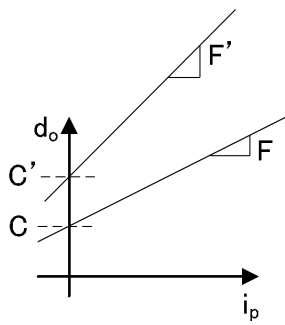
도면5b



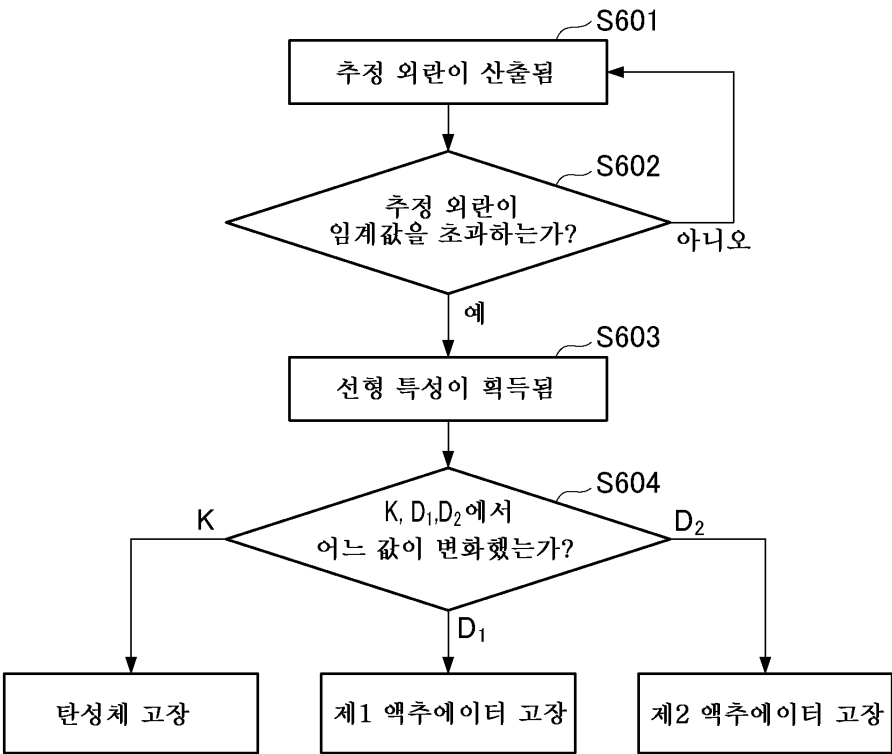
도면5c



도면5d



도면6



도면7

